

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of	:	
	:	
<b>Ya-Wen CHOU et al.</b>	:	Group Art Unit: Not Yet Assigned
	:	
Application No.: Not Yet Assigned	:	Examiner: Not Yet Assigned
	:	
Filed: December 4, 2003	:	
	:	
For: <b>MICROFLUIDIC PUMP DRIVEN BY THERMOACOUSTIC EFFECT</b>		

**CLAIM TO PRIORITY UNDER 35 U.S.C. § 119**

Assistant Commissioner of Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, Virginia 22313-1450

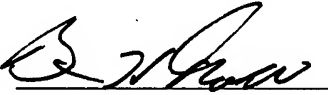
Sir:

Pursuant to the provisions of 35 U.S.C. § 119 and 37 C.F.R. § 1.55, Applicant  
claims the right of priority based upon **Taiwanese Application No. 092123376** filed  
**August 26, 2003.**

A certified copy of Applicant's priority document is submitted herewith.

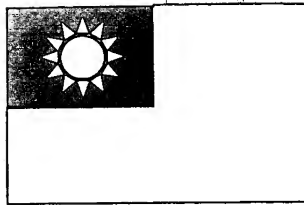
Respectfully submitted,

By:

  
Bruce H. Troxell  
Reg. No. 26,592

**TROXELL LAW OFFICE PLLC**  
5205 Leesburg Pike, Suite 1404  
Falls Church, Virginia 22041  
Telephone: (703) 575-2711  
Telefax: (703) 575-2707

Date: December 4, 2003



中華民國經濟部智慧財產局

INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE  
MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS  
REPUBLIC OF CHINA

茲證明所附文件，係本局存檔中原申請案的副本，正確無訛，  
其申請資料如下：

This is to certify that annexed is a true copy from the records of this  
office of the application as originally filed which is identified hereunder:

申請日：西元 2003 年 08 月 26 日  
Application Date

申請案號：092123376  
Application No.

申請人：財團法人工業技術研究院  
Applicant(s)

局長  
Director General

蔡練生

發文日期：西元 2003 年 11 月 17 日  
Issue Date

發文字號：09221158910  
Serial No.

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：

※ 申請日期：

※IPC 分類：

壹、發明名稱：(中文/英文)

熱聲微流體驅動裝置

貳、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

財團法人工業技術研究院

代表人：(中文/英文) 翁政義

住居所或營業所地址：(中文/英文)

新竹縣竹東鎮中興路 4 段 195 號

國 籍：(中文/英文) 中華民國

參、發明人：(共 3 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 周雅文
2. 胡銘道
3. 林志傑

住居所地址：(中文/英文)

1. 台南市東區中華東路 2 段 73 巷 10-2 號 8 樓
2. 台中縣豐原市永安街 4 號
3. 台中縣大甲鎮長壽路 155 號

國 籍：(中文/英文) 中華民國

#### 肆、聲明事項：

☐ 本案係符合專利法第二十條第一項 ☐ 第一款但書或 ☐ 第二款但書規定之期間，其日期為： 年 月 日。

◎ 本案申請前已向下列國家（地區）申請專利 ☐ 主張國際優先權：

【格式請依：受理國家（地區）；申請日；申請案號數 順序註記】

1.

2.

3.

4.

5.

☐ 主張國內優先權（專利法第二十五條之一）：

【格式請依：申請日；申請案號數 順序註記】

1.

2.

☐ 主張專利法第二十六條微生物：

☐ 國內微生物 【格式請依：寄存機構；日期；號碼 順序註記】

☐ 國外微生物 【格式請依：寄存國名；機構；日期；號碼 順序註記】

☐ 熟習該項技術者易於獲得，不須寄存。

#### 伍、中文發明摘要：

一種熱聲微流體驅動裝置，其主要係由熱聲聲波產生器、流體儲存槽及微流體通道所組成，其中該熱聲聲波產生器可將熱能轉變為高能量之聲波，以此熱聲機制作為動力之來源，於工作介質中所造成高頻的擾動壓力及擾動速度驅動微流體動作，由於熱聲聲波產生器不須設置可動元件，同時，其係以間接被動接觸之方式推動位於流體儲存槽內之工作流體，因此不須對工作流體外加電極或是直接加熱，因此本發明可使用於非導電性流體，可大幅擴充其適用範圍，同時不會因為對工作流體加熱而影響工作流體特性，實為一創新且具有高應用價值之微流體驅動裝置者。

#### 陸、英文發明摘要：

柒、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(圖二)圖。

(二)本代表圖之元件代表符號簡單說明：

1、熱聲聲波產生器

11、共振管

12、片堆

13、加熱器

14、熱聲工作介質

15、熱交換器

2、流體儲存槽

21、工作流體

3、微流體通道

捌、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

## 玖、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明係有關於一種熱聲微流體驅動裝置，尤指一種利用熱聲效應將熱能轉換為高能量之聲波，進而產生高頻擾動壓力及擾動速度以驅動微流體運動之熱聲微流體驅動裝置者。

### 【先前技術】

按，隨著科技的不斷進步與發展，微流體的驅動與應用廣泛的使用在生醫檢測 (biomedical) 及噴墨列印 (inkjet printing) 等各種高科技領域之中，而所謂的微流體驅動則可以依照其所產生的功效進一步分為：微噴流 (micro jet)、微液滴 (micro droplet) 及微流體混合 (microfluidic mixing)，目前驅動微流體的方式有許多種，包括直接利用微幫浦 (micropump) 或是氣泡驅動式等，以直接接觸之方式驅動微流體，前者普遍應用於生物晶片 (biochip) 上，且依照微幫浦 (micropump) 的結構可以細分為機械式微幫浦與電極動力微幫浦，其中機械式微幫浦主要係利用微加工技術 (micro-machining) 直接在晶片上內建佈置可動元件 (moveable part)，例如美國專利第 5,529,465 號專利所提出之一種靜電式微幫浦 (electrostatically driven diaphragm micropump)，其微幫浦本體包括四層矽晶結構，藉由在二層結構之間的間歇靜電吸引，配合流體通道上二片單向被動閥 (passive check valve)，利用循環交換之方式完成幫浦之動作。而美國專利第 5,705,018 號則是提出另一種結構較為簡單之蠕動式微幫浦 (micromachined

peristaltic pump)，其主要係在晶片上微通道之內壁序列密集佈植一塊塊可變形的導體帶 (flexible conductive strips)，當電壓脈波通過微通道上方時，利用靜電循序吸引導體帶向上移動進而形成微通道之蠕動現象，推動微通道內之流體前進。

另外，電極動力微幫浦乃是一種非機械式微幫浦，其不需在晶片上佈置任何可動元件 (moveable part)，其操作原理大致可分為電滲透 (electroosmosis,EO)、液電動力 (electrohydrodynamics,EHD) 及電泳 (electrophoresis,EP) 三種。例如美國專利第 5,632,876 號其主要係揭露一種電滲透與液電動力之組合應用，主要係在晶片上之微通道內交錯佈置兩組四支電極，中間一組電極距離較近且雙雙深入微通道之流體內，當導通高電壓後，距離較近的兩電極可藉由居間的流體產生電流迴路，同時帶動週遭流體逆電流方向移動，藉此形成液電動力效應 (EHD pumping)，另外 前述兩組電極中的另一組電極距離較遠，電極僅接觸到管壁道，當導通高壓電流之後將會造成管道壁的電性極化 (electrical charged)，使正、負電極所在位置的材料表面佈滿負、正電荷，此時流體內若含有帶負電粒子，即會因此被吸引而往堆滿正電荷的負電極方向滲透，同時帶動流體往負電極方向移動而形成電滲透效應 (EO pumping)，該專利案即是利用前述兩種可產生相反流向之兩種效應，並藉由控制該兩種效應之消長來產生推進、斥退及停滯等微流體之導引控制技術。

此外，氣泡驅動式之微流體驅動技術則是普遍應用在噴墨列印



(inkjet printing) 的技術領域，其原理主要係利用一電壓脈衝施予電阻加熱將墨水汽化而在墨水室中產生氣泡進而使墨水室內的壓力增加，令墨水可以由捨於墨水室出口之噴嘴噴出，當電壓脈衝消失氣泡亦會跟著消失。因此即可經由控制輸入電阻的電壓脈衝即可反覆的進行噴出墨水之動作。

前述之微流體驅動裝置雖然作動原理及結構都有所差異，但是其都屬於一種直接接觸式之驅動方式，亦即必須直接針對所欲驅動之流體本身施予不同大小之電極或是加熱，因此不可避免的會對於適用的流體有諸多的限制，例如利用施加電極來驅動之微流體驅動裝置其僅適合使用於導電性流體，另一方面在生醫檢測 (biomedical) 的技術領域於施加電極之過程中有可能對於流體本身 (例如細胞膜) 造成破壞進而影響檢測之正確度之缺失。另外氣泡驅動式之微流體驅動裝置由於係直接針對墨水本身進行加熱使其汽化，因此必須使用具有熱安定性、低導電度及低化學活性之特殊成分墨水，連帶使得墨水的價格居高不下。

### 【發明內容】

本發明之主要目的，係在於提供一種熱聲微流體驅動裝置，其主要包括有熱聲聲波產生器、流體儲存槽及微流體通道，其中該熱聲聲波產生器為高頻高能聲波的來源 (source)，微流體通道係設置於流體儲存槽的槽體上，而該流體儲存槽則係與熱聲聲波產生器結合，藉由

前述結構之設計，本發明可以利用熱聲聲波產生器所產生的高頻高聲波以間接接觸之方式推動位於流體儲存槽內之工作流體，令其可以由微流體通道噴出達到驅動微流體之目的，且由於本發明係利用間接之方式推動微流體，相較於前述習用直接對工作流體施加電極或是直接加熱等直接接觸之驅動方式，本發明不僅可擴大使用非導電性流體，而且可大幅增加其應用之流體範圍及種類者。

本發明之另一目的，係在於提供一種熱聲微流體驅動裝置，其中，藉由改變流體儲存槽及其上微流體通道之結構及設置位置即可達到產生微噴流(micro jet)、微液滴(micro droplet)及微流體混合(microfluidic mixing)等不同驅動效果之目的者。

#### 【實施方式】

為使 貴審查委員明瞭本發明之功效與特徵，茲配合圖式詳細說明如后：

首先請 貴審查委員參閱圖一及圖二，其係為熱聲聲波產生器之示意圖及本發明之第一實施例圖，本發明所揭示熱聲微流體驅動裝置，其主要包括有熱聲聲波產生器 1、流體儲存槽 2 及微流體通道 3，其中該熱聲聲波產生器 1 為高頻高能聲波的來源 (source)，微流體通道 3 係設置於流體儲存槽 2 的槽體上，而該流體儲存槽 2 則係與熱聲聲波產生器 1 結合，藉由前述結構之設計，本發明可以利用熱聲聲波產生器 1 所產生的高頻高能聲波推動位於流體儲存槽 2 內之工作流體 21，

令其可以由微流體通道 3 噴出達到驅動微流體之目的，且由於本發明係利用間接方式推動位於流體儲存槽 2 中之工作流體 21，相較於前述習用直接對工作流體施加電極或是直接加熱等直接接觸之驅動方式，本發明不僅可使用非導電性流體且可減少習用驅動裝置對於適用工作流體之諸多限制條件，大幅增加其可供應用之工作流體範圍及種類，且可有效降低成本。

前段所述之結構中，該熱聲聲波產生器 1 進一步係由共振管 11、至少一片堆 12、加熱器 13、熱聲工作介質 14 及至少一熱交換器 15 所組成（如圖一所示），其中，片堆 12、加熱器 13、熱聲工作介質 14 及熱交換器 15 係位於共振管內，而加熱器 13 及熱交換器 15 則是位於片堆 12 之二側，其作用之原理主要係利用熱能與聲能的轉換，當利用位於片堆 12 左側之加熱器 13 對熱聲工作介質 14 加熱令片堆 12 之兩端形成一溫度梯度，當該溫度梯度大於臨界溫度梯度時即可產生聲波，由於熱聲流體的溫度上升，造成氣體團的體積及壓力的變化，當氣體團向右移動時，由於片堆 12 邊界間與氣體團存在溫度梯度，因此熱量由高溫之氣體團移動到低溫的片堆 12 上，由於熱量的移動因此氣體團隨之溫度降低，壓力降低。隨後低溫的氣體團向左運動並在高溫處吸收熱量，完成一個完整的熱力循環。藉由氣體團的往復運動及壓力變化於管內形成聲波。

前述之片堆 12 進一步係由多數個平板 121 及多數個用以支撐平板 121 的支撐元件 122 所組成，其中相鄰兩平板 121 間隔之距離與工作

流體與工作頻率相關，藉以形成工作流體流通的通道（請參閱圖五所示）。圖六為本發明中熱交換器 15 之剖面示意圖，該熱交換器 15 進一步係由多數個散熱鰭片 151 及盤管 153 所組成。該散熱鰭片 151 係以平行之方式固設於盤管 153 上，該盤管 153 可為一直管或彎管之形狀，且每一散熱鰭片 151 與前述片堆 12 中之平板 121 係呈平行之狀態者。

前段所述之熱聲聲波產生器 1 具有三個特性：（一）產生具有高壓力擾動之聲波（二）可產生速度擾動（三）於固體邊界上存在聲波氣流，另一方面本發明藉由改變流體儲存槽 2 及其上所設微流體通道 3 之結構及設置位置即可達到產生微噴流（micro jet）、微液滴（micro droplet）及微流體混合（microfluidic mixing）等不同驅動效果。

請參閱圖一，其係為本發明之第一實施例圖，其中該流體儲存槽 2 係設置於熱聲聲波產生器 1 之後端，令該熱聲聲波產生器 1 產生壓力擾動以驅動微流體，微流體流動之方向與聲波傳遞之方向平行，藉由週期性之壓力擾動形成噴、吸（injection and suction）之動作，形成高頻不連續性的微流體，達到製造高流體品質的微液滴（microdroplet）。

請參閱圖三，其係為本發明之第二實施例圖，其中熱聲聲波產生器 1 中壓力擾動腹點段的共振管壁，亦即片堆低溫段的管壁四週設置孔洞 111，而流體儲存槽 2 則係設置於孔洞 111 之外側，由於熱聲聲波產生器 1 中具有週期性的高振幅壓力擾動，此壓力差會形成高速的氣流運動，氣流運動方向垂直於聲波傳遞方向，故前述之氣流將可直接驅動流體儲存槽 2 中之工作流體 21 運動，由微流體通道噴出而形成微

噴流 (micro jet)。

請參閱圖四，其係為本發明之第三實施例圖，該設有微流體通道 3 之流體儲存槽 2 係位於共振管 11 壁與加熱器 13 相對之另一端，且該共振管 11 壁上的相對位置係設有至少一個速度擾動出口 112，由於熱聲聲波產生器 1 的主要應用範圍為微流體的驅動，因此熱聲聲波產生器 1 的構造也須微小化，而經過微小化後之熱聲聲波產生器 1 的共振管徑小，相較於黏性滲透深度 (viscous penetration)，邊界效應相形顯得重要，另外由於高擾動壓力振幅的作用，經由 Reynolds Stresses 效應會在工作流體與壁板間形成聲波氣流 (acoustic streaming)，因此在圖四所示之第三實施例中，將會在熱聲聲波產生器之固體邊界內形成週期性的擾動速度，有效造成高頻的微流體驅動功效。

由於本發明係利用將熱能轉化為高能量的聲波，再利用該聲波來直接或間接推動微流體作動，其相較於習用裝置直接在工作流體上加熱或施加電極，不僅可有效防止工作流體因為受熱產生物理性質或化學性質上之變化，同時也可以有效防止工作流體在通過電極的過程中發生流體性質變化之情形發生，而可以應用在生醫檢測之技術領域並獲得更為精準之檢測結果者。

又本發明利用熱聲聲波驅動微流體之技術相較於其他產品具有如下之優勢 (一) 具高壓力擾動量 (pressure fluctuation): 由於共振效應，共振管 11 內的聲能將有效集中，因此壓力擾動幅度將大幅增加，由於壓力擾動的存在使得管內的壓力呈週期性的壓力變化，因此可對工作

流體造成高頻的推送及吸收 (pumping and suction) 作用，是以可應於可控制的 (drop-on demand) 微流體驅動系統。(二) 具高聲能強度 (high acoustic intensity): 目前熱聲聲波產生器 1 可製造聲強  $1.5\text{kw/m}^2$  以上的聲波，由於經由聲波轉換為對工作流體的作用力大小與聲強值成正比，因此可提供微流體更高之壓力提昇量 (pressure head) 者。

又，於本發明之結構中，可以將多組微小結構的熱聲裝置予以組合，提供一較為均勻之高能聲波，令每一個微流體通道產生流速均勻分佈之流場。

以上之說明乃本發明之較佳實施例，本發明所涵蓋之範圍並不限於本發明所示之實施例，凡依本發明內容所作之改變；其產生之功效與特徵與本發明之實施例類似，並且可由熟知該技藝人員所構想者，均屬本發明所涵蓋之範圍。

綜上所述，本發明熱聲微流體驅動裝置，其利用熱能轉換成高能量之聲波並以間接驅動之方式推動微流體，不須對流體外加電極或直接加熱，可使用非導電性流體，不僅可以有效擴大其適用範圍且不會影響流體性，且本發明之設計可以採用微機電 (MEMS) 加工方式進行微小化製作，實為一種具高應用價值之微流體驅動技術，此外本發明申請前亦未曾見於任何刊物或公開場合，其新穎性及進步性毫無疑慮，誠已符合發明專利法所規定之要件，爰依法呈提發明專利之申請，尚祈 貴審查委員允撥時間惠予審查，並早日賜與專利為禱。

## 【圖式簡單說明】

圖一為熱聲聲波產生器之示意圖。

圖二為本發明之第一實施例圖。

圖三為本發明之第二實施例圖。

圖四為本發明之第三實施例圖。

圖五為本發明中片堆之剖面示意圖。

圖六本發明中熱交換器之剖面示意圖。

圖號之簡單說明：

1、熱聲聲波產生器

11、共振管

111、孔洞

112、速度擾動出口

12、片堆

121、平板

122、支撐元件

13、加熱器

14、熱聲工作介質

15、熱交換器

151、散熱鰭片

153、盤管

## 2、流體儲存槽

### 21、工作流體

## 3、微流體通道



## 【申請專利範圍】

1. 一種熱聲微流體驅動裝置，主要包括有：
  - 一流體儲存槽，該流體儲存槽內儲存有一工作流體；
  - 至少一微流體通道，該微流體通道係設置於流體儲存槽的槽體上，用以連通流體儲存槽及外界，且可供微流體流通；
  - 一熱聲聲波產生器，該熱聲聲波產生器係可提供高頻高能聲波的來源，其進一步包括有：
    - 一共振管，該共振管可儲存熱聲工作介質，並形成共振聲波；
    - 至少一片堆，該片堆係設置於共振管內，可與熱聲工作氣體產生熱交換，形成一熱力循環；
    - 一加熱器，該加熱器係固定於共振管內且係位於片堆之一側，藉由該加熱器產生熱能使片堆兩端形成可產生聲波的溫度梯度；
    - 及
    - 至少一熱交換器，該熱交換器係設於共振管內片堆相對於加熱器之另外一側者。
2. 如申請專利範圍第 1 項所述之熱聲微流體驅動裝置，其中，該設置於流體儲存槽中之微流體係由熱聲聲波產生器所產生之壓力擾動驅動，其壓力擾動驅動之方向與聲波傳遞方向平行者。
3. 如申請專利範圍第 2 項所述之熱聲微流體驅動裝置，其中，熱聲聲波產生器所產生之壓力擾動會造成流體儲存槽內的體積變化，利用體積變化所產生之驅動力可以擠壓流體儲存槽中之工作流體經由微

流體通道流出者。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述之熱聲微流體驅動裝置，其中，於熱聲  
聲波產生器中壓力擾動腹點段的共振管壁上設有孔洞，令速度擾動  
方向與聲波傳遞方向垂直，且配合將該儲存有工作流體之流體儲存  
槽設置於該孔洞之外側者。
5. 如申請專利範圍第 4 項所述之熱聲微流體驅動裝置，其中，該可產  
生速度擾動之孔洞可設於熱聲聲波產生器中共振管中任一處者。
6. 如申請專利範圍第 1 項所述之熱聲微流體驅動裝置，其中，以共振  
管內與聲波傳遞方向平行的聲波氣流驅動微流體，該設有微流體通  
道之流體儲存槽係位於共振管壁與加熱器相對之另一端，且該共振  
管壁上的相對位置係設有至少一個速度擾動出口者。
7. 如申請專利範圍第 6 項所述之熱聲微流體驅動裝置，其中，該片堆  
之數量可以由兩組或更多數量之片堆所組成，利用片堆邊界內形成  
的聲波氣流驅動微流體，從共振管壁的單一微流體通道流出可提高  
流體速度分布的均勻性者。
8. 如申請專利範圍第 1 項所述之熱聲微流體驅動裝置，其中，片堆進  
一步係由多數個平板及多數個用以支撐平板的支撐元件所組成，其  
中相鄰兩平板間形成有工作流體流通的通道者。
9. 如申請專利範圍第 1 項所述之熱聲微流體驅動裝置，其中，熱交換  
器進一步係由多數個散熱鰭片及盤管所組成，該散熱鰭片係平行地  
固設於盤管上者。

- 10.如申請專利範圍第 9 項所述之熱聲微流體驅動裝置，其中，該盤管可為一直管或彎管之形狀者。
- 11.如申請專利範圍第 9 項所述之熱聲微流體驅動裝置，其中，且每一散熱鰭片與前述片堆中之平板係呈平行之狀態者。
- 12.如申請專利範圍第 9 項所述之熱聲微流體驅動裝置，其中，該片堆係由具低熱傳導性之材料所製成者。

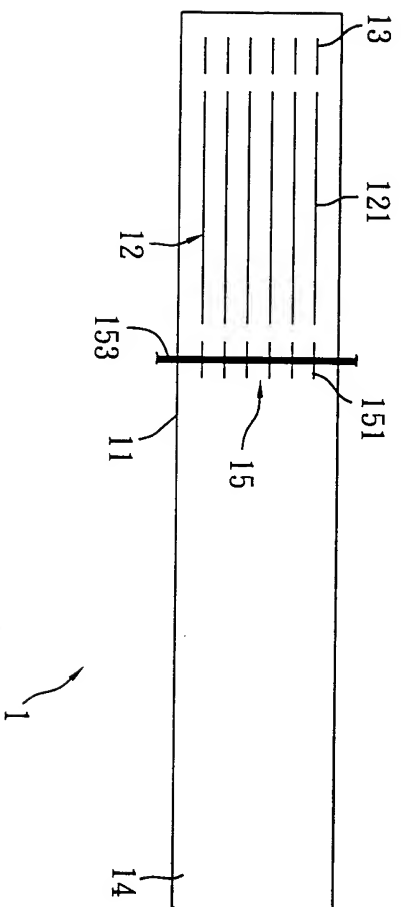
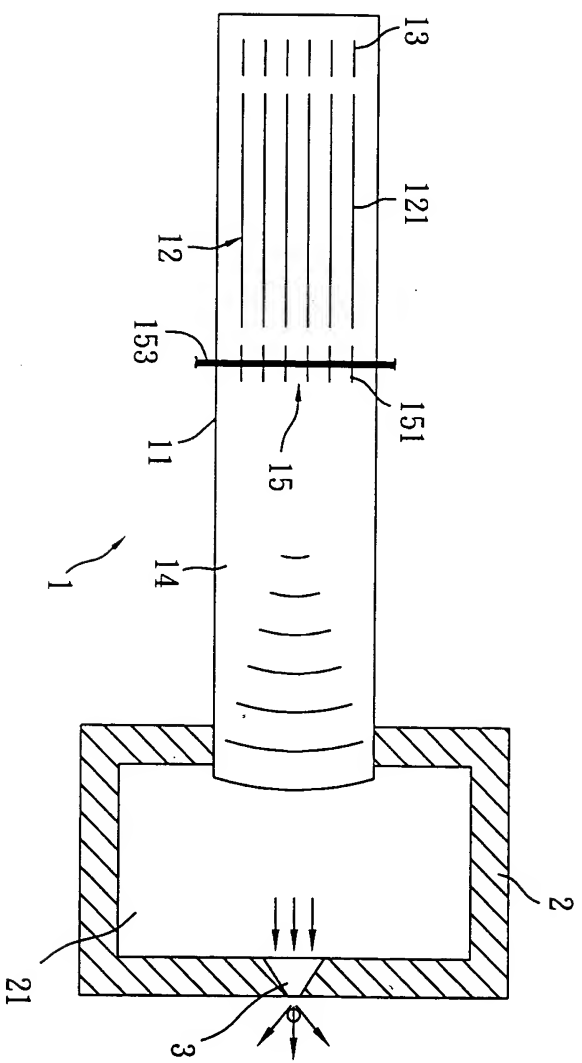


圖 一



圖二

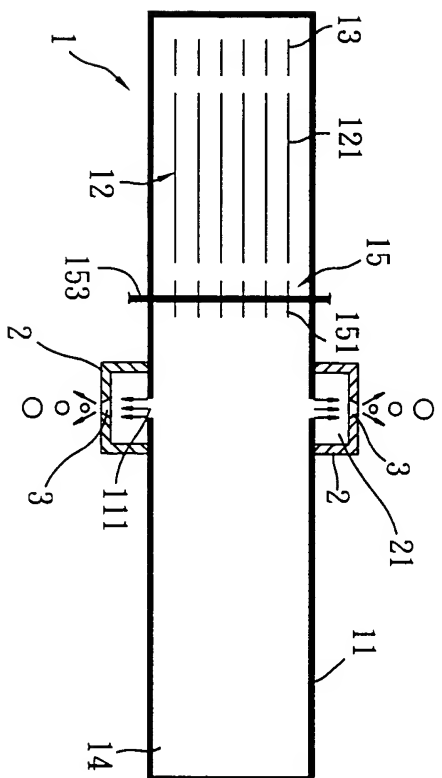


圖 三

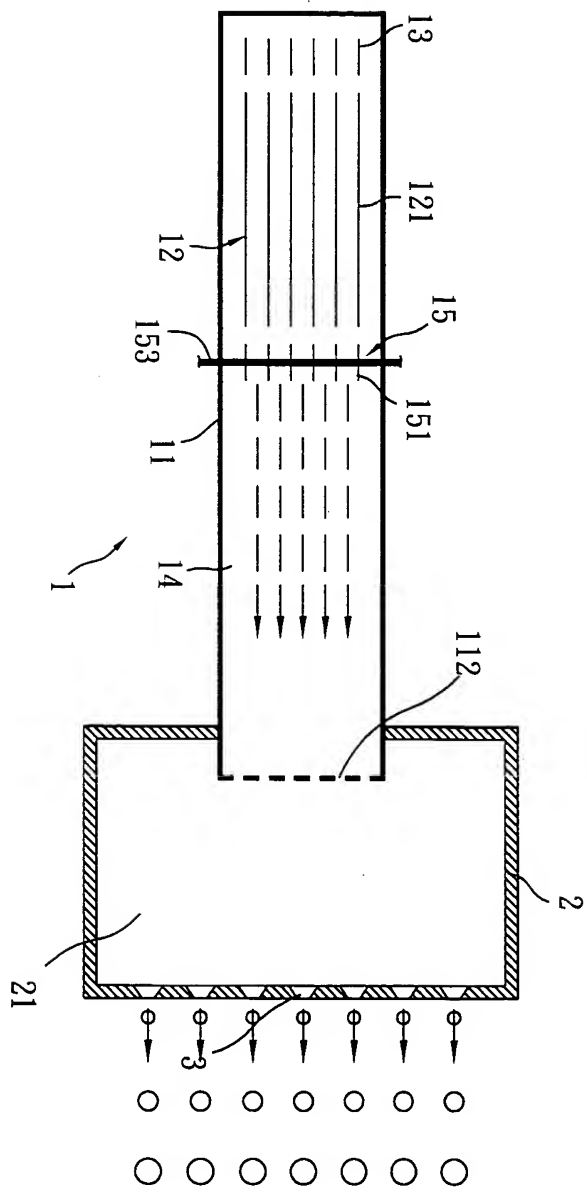


圖 四

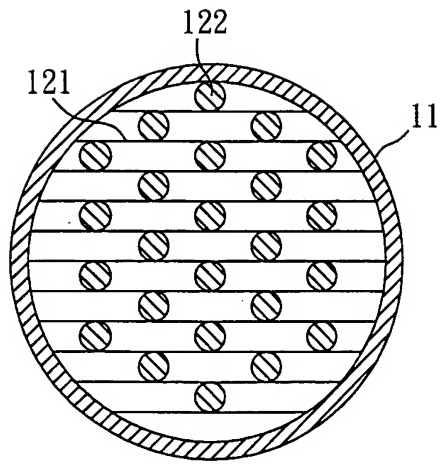


圖 五

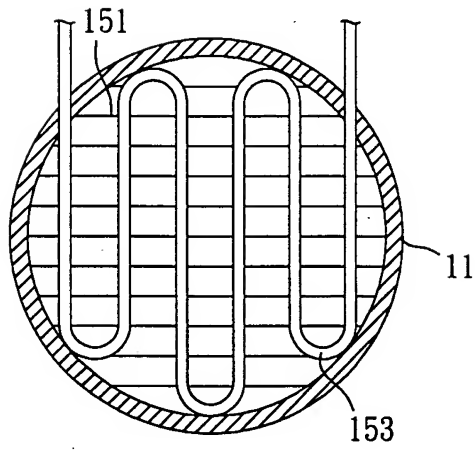


圖 六